

陈 振,张康辉,咎 哲. 基于 SD 模型的突发事件对农产品价格的影响——以 2020 年新冠肺炎疫情为例[J]. 江苏农业科学,2021,49(6):237-242.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.06.042

# 基于 SD 模型的突发事件对农产品价格的影响

## ——以 2020 年新冠肺炎疫情为例

陈 振,张康辉,咎 哲

(河南农业大学信息与管理科学学院,河南郑州 450002)

**摘要:**以 2020 年新冠肺炎疫情为例,采用系统动力学建立价格指数流图,运用回归模型确定变量的函数关系,用残差和极端条件测试检验模型的合理性,动态地探究突发事件对我国农产品价格指数的影响,并分析产生这种影响的原理。结果表明,突发事件对我国粮食储备并不会产生巨大影响;突发事件的波及人数、死亡率、死亡人数等会对居民心理产生影响,且有决定性作用;突发事件会导致我国农产品价格指数轻微上升,产生这种现象的原因是人对未来的误判。最后从需求和行为经济学角度提出相应的建议。

**关键词:**新冠肺炎;系统动力学;突发事件;价格指数;农产品

**中图分类号:** F323.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)06-0237-06

农业是支撑国民经济建设与发展的基础产业<sup>[1]</sup>,农产品的有效供给直接关系到国家经济的稳定性,而农产品价格对农产品供给有导向作用,且价格稳定是国家宏观经济调控的重要目标<sup>[2]</sup>。农产品价格受到供给、需求、自然条件、库存等因素的影响<sup>[3-4]</sup>,这导致农产品价格呈现非平稳、非线性等特点。除这些因素外,一些突发事件也会对农产品价格产生影响,这些突发事件可能不会直接对农产品价格产生影响,如 2020 年新型冠状病毒肺炎(简称新冠肺炎)疫情,该事件对我国的社会稳定和农产品价格产生了一定冲击。通过对近 3 年我国农副

产品类购进价格指数的分析发现,在新冠肺炎疫情期间,农副产品类购进价格指数达到近 3 年来的最大值,且一直居高不下。突发事件本身的危害程度很难量化,一些变量并不能简单地以数据来衡量,导致很少有学者对这方面展开研究,仅有胡冰川定性地分析新冠疫情背景下的农产品供给状况<sup>[5]</sup>。目前对突发事件下农产品价格的研究较少,学者们的研究一般集中在农业内部的突发事件。徐娟等分析生鲜农产品供应链突发事件的风险并提出对应策略<sup>[6]</sup>。张利庠等根据农业产业链上中下游的月度价格数据建立向量自回归模型,研究外部冲击对农产品价格波动的影响<sup>[7]</sup>。梅盈洁等以广东省为例对农业突发事件进行分类,并分析突发事件的特征<sup>[8]</sup>。我国是农业大国,对于农产品价格的研究较多,研究方法及方向有些许差别。如许世卫等分析近百年来对农产品价格的短期预测研究,发现目前农产品价格短期预测定量方法主要分为计量经济预测法、数理统计预测法、智能分析法以及组合预测模型四大类<sup>[9]</sup>。杨思雨等采用回归模型和脉冲分析研究农产品批发价格指数与物流业景气指

收稿日期:2020-06-08

基金项目:河南省哲学社会科学规划项目(编号:2019BJJ038);河南省软科学研究重点项目(编号:202400410051);河南省教育厅人文社会科学研究项目(编号:2019-ZZJH-047)。

作者简介:陈 振(1974—),男,河南汝南人,硕士,教授,主要从事运筹学与控制论、不确定性决策理论与方法研究。E-mail:hn-chenzhen@sohu.com。

通信作者:张康辉,硕士,主要从事复杂系统建模与仿真、不确定性决策理论与方法研究。E-mail:zhangkh888@163.com。

制[J]. 中国国土资源经济,2018,31(6):33-37.

[14] 信桂新,陈 兰,杨庆媛. 土地整治促进城乡统筹发展——基于重庆的实践考察[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2017,42(6):65-72.

[15] 刘新卫,赵崔莉. 农村土地整治的工程化及其成因[J]. 中国农村经济,2017(7):15-28.

[16] 邓大才. 中国农村产权变迁与经验——来自国家治理视角下的启示[J]. 中国社会科学,2017(1):4-24.

[17] 宇振荣,刘文平,鄢文聚. 土地整治:加强公众参与促转型[J]. 中国土地,2012(8):12-14.

[18] 石 峡,朱道林,张军连. 土地整治公众参与机制中的社会资本及其作用[J]. 中国土地科学,2014,28(4):84-90.

数之间的关系<sup>[10]</sup>。丁存振等从溢出效应和动态关联 2 个方面研究政策对农产品期现货市场关联的影响<sup>[11]</sup>。许增巍等采用成分分解法、脉冲响应函数和方差分解法研究生鲜农产品突发事件对猪肉价格的影响<sup>[12]</sup>。王东杰等分析 2013 年我国农产品价格变动的特征及原因<sup>[13]</sup>。

本研究主要分析突发事件对我国农产品价格产生的影响及作用机理,以 2020 年新冠肺炎为例,将定性定量方法相结合,运用系统动力学、回归方法等,通过 VENSIM 软件进行仿真分析,根据仿真结果,从需求层次和行为经济学 2 个方面提出相应的建议。李旭认为,完全定型的分析能够正确描述系统,但不能对系统要素之间的相互制约和相互依存关系等从整体联系的机理出发进行协调和优化<sup>[14]</sup>。因此,本研究的创新之处在于采用回归方法定量分析突发事件对农产品价格产生的影响。本研究的贡献可能有:一是分析我国新冠肺炎疫情相关变量的未来发展趋势,为我国对该疫情的研究提供一定的参考;二是发现在突发事件期间我国粮食储备能够保证有效供给,且农产品价格指数仅会发生轻微的上浮。

## 1 方法详述

### 1.1 SD 模型

系统动力学(system dynamics, SD)是美国麻省理工学院的 Forrester 教授于 1956 年提出的<sup>[15]</sup>。系统动力学是基于系统论,以反馈控制理论为基础,与计算机模拟技术相结合,用于定量研究社会系统的方法。系统动力学流程图由辅助变量、状态变量、物质流、速率变量等部分组成。其中,辅助变量根据其他变量计算得到;状态变量别称积累变量,是决定系统行为的变量;速率变量直接改变状态变量的值<sup>[16]</sup>。

在系统动力学流图中,每个部分均有符号表示,通常以“”表示状态变量,用“”表示速率变量,物质流则用“”表示,“”被称为源或漏,具有输入端与出口的含义。

### 1.2 线性回归模型

回归分析是一种广泛的数量分析方法,用于分析事物间的统计关系,考察变量之间的变化规律,通过方程的形式描述和反应这种关系,准确把握变量受其他 1 个或多个变量影响的程度,为预测提供科学依据<sup>[17]</sup>。系统动力学流图中部分变量可以使

用回归方法来量化关系,并用相关检验确定其可用性,具有较强的科学性。线性回归的数学模型为

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \varepsilon \quad (1)$$

式中: $y$  表示被解释变量,即因变量; $\beta_0$  表示常量; $\beta_i$  表示解释变量  $x_i$  的系数; $\varepsilon$  表示随机误差; $p$  表示解释变量  $x$  的数量。被解释变量  $y$  由 2 个部分组成,一是由解释变量  $x$  的变化引起的  $y$  的线性变化部分,二是由其他随机因素引起的  $y$  的变化部分,即  $\varepsilon$ 。

$$Q(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p) = \sum_{j=1}^n [y_i - (\beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i x_{ij})]^2 = \min_{\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p} \sum_{j=1}^n [y_i - (\beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i x_{ij})]^2 \quad (2)$$

式中: $Q$  表示离差平方和; $x_{ij}$  表示第  $j$  个解释变量的第  $i$  个值; $y_i$  表示被解释变量的第  $i$  个值; $\min_{\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p}$  表示参数  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  的最小估计值。

公式(2)使用最小二乘法估计回归参数,其基本原理是使每个样本点  $(x_i, y_i)$  与回归线上对应的点  $[x_i, E(y_i)]$  在垂直方向上的偏差距离的总和最小,该偏差距离定义为离差的二次方,即  $[y_i - E(y_i)]^2$ ,  $E(y_i)$  表示被解释变量的期望。由公式(2)可以得出公式(1)中解释变量  $x_i$  的系数值。在系数估计值得出后采用拟合优度检验分析模型的拟合度  $R^2$ ,其取值在 0~1 之间,  $R^2$  越接近 1,表示回归方程对样本数据点的拟合度越高,反之表示越低。

### 1.3 检验模型

模型检验是为了检验模型是否有效,分析模型在多大程度上可以被相信。本研究采用历史检验法和极端条件测试检验模型的合理性及可用性。

$$c = \sqrt{\frac{\left\{ \sum_{i=1}^n [x^{(1)}(i)] - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x^{(1)}(i) \right\}^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$\sqrt{\frac{\left\{ \sum_{i=1}^n [x^{(0)}(i)] - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x^{(0)}(i) \right\}^2}{n-1}}$$

式中: $x^{(0)}(i)$  表示数列  $x^{(0)}$  的第  $i$  个值; $x^{(1)}(i)$  表示数列  $x^{(1)}$  的第  $i$  个值; $n$  表示数列的个数; $c$  表示 2 个数列的均方差比值,其中  $0 \leq c < 0.35$  表示预测精度等级为“好”,  $0.35 \leq c < 0.50$  表示预测精度等级为“合格”,  $0.50 \leq c < 0.65$  表示预测精度等级为“勉强合格”,  $c > 0.65$  则表示预测精度等级为“不合格”。

极端条件测试是指在模型处于极端条件下,验证模型能否遵循事物发展的基本物理规律。虽然极端条件下的模拟结果在实际系统中未必会产生,

但是此检验却对提高系统动力学模型的可信性具有极大的作用,一个模型若在极端条件下不能产生合理的行为模式,其可靠性就值得怀疑。

## 2 模型建立与检验

### 2.1 模型建立

系统动力学模型是以系统动力学相关理论建

立起来的数学模型,用专门的语言,并借助计算机进行模拟分析,处理随时间变化的行为系统的问题。根据研究问题的特性,将时间步长设为 1 个月,初始时间为 1 月,结束时间为 12 月。本研究的主要目的是粗略估算在突发事件下农产品价格指数的的发展趋势,流图中包含 3 个状态变量、2 个速率变量以及 8 个辅助变量(图 1)。

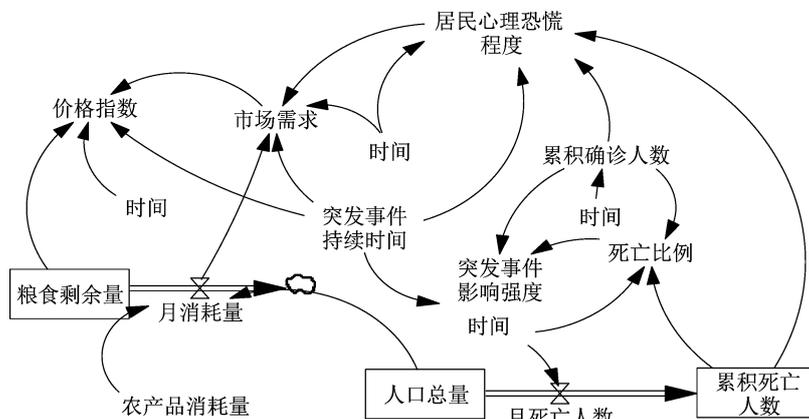


图1 突发事件下农产品价格指数流

以我国 2020 年新冠肺炎疫情为例,相关数据分别来源于国家数据网、国家健康委员会、统计年鉴等网站,部分数据来自于相关文献[18]。在收集数

据后分析数据间的关系,并借助公式(1)、公式(2)建立数学模型(表 1)。

表 1 主要变量及方程

变量名称	方程式及逻辑关系式	单位
粮食剩余量	粮食剩余量 = integ[ -月消耗量, (6.6384 - 6.6384 × 0.057) × 1 × 10 <sup>8</sup> ]	t
月消耗量	月消耗量 = (30 × 农产品消耗量 × 人口总量) / 2 000	t
人口总量	人口总量 = integ( -月死亡人数, 1.400 05 × 10 <sup>9</sup> )	人
月死亡人数	月死亡人数 = with lookup { time, ( [(0,0) - (600,4 000)], (1,259), (2,2611), (3,442), (4,1321), (5,1), (6,0), (12,0)] }	人
累积死亡人数	累积死亡人数 = integ(月死亡人数, 259)	人
突发事件影响强度	突发事件影响强度 = 累积确诊人数 × 死亡比例 / 10 000 × 突发事件持续时间	
累积确诊人数	累积确诊人数 = with lookup { time, ( [(0,0) - (20,100 000)], (1,11 791), (2,79 824), (3,81 554), (4,82 874), (5,83 001), (6,83 204.8), (7,8 3349.4), (8,83 452.6), (9,83 530.1)] }	人
市场需求量	市场需求 = if then else( time < 突发事件持续时间, (月消耗量 × (1 + 居民心理恐慌程度 / 100)), 月消耗量 )	t
居民心理恐慌程度	居民心理恐慌程度 = (if then else( time < 突发事件持续时间, ((max( 累积死亡人数 / 累积确诊人数 × 100, (累积确诊人数 / delay1( 累积确诊人数, 1, 10 000)))) / 10) × 突发事件持续时间, 累积死亡人数 / 累积确诊人数)	
价格指数	价格指数 = (if then else( time < 突发事件持续时间, 市场需求 / (粮食剩余量 / 12), 市场需求 / ((粮食剩余量 + (6.638 4 - (6.638 4) × 0.057) × 1 × 10 <sup>8</sup> / 12))) × 3.279 1	

### 2.2 模型检验

采用历史检验法对新冠肺炎疫情下的累积感染人数进行仿真检验,将 2020 年 2—5 月的实际值与仿真值进行对比,发现实际值与仿真值间的误差

较少,说明该模型的仿真结果较好(表 2)。根据公式(3)计算 c 值,c 值约为 0.035,说明预测精度等级为“好”,模型可以使用。

采用极端条件测试检验疫情持续时间在 0、6、

表2 疫情累积感染人数

月份	实际值 (人)	仿真值 (人)	误差比 (%)	残差 (人)
2	79 824	79 735	-0.11	89
3	81 554	81 904	0.43	-350
4	82 874	82 626	-0.30	248
5	83 001	82 988	-0.02	13

12等3种状况下价格指数的变化情况(图2)。在极端条件下,疫情只能改变价格指数,并不能影响价格指数变化的物理规律,当疫情持续时间较长时价格指数会较高,当不存在疫情时价格指数会较低。由图2可知,价格指数波动较小,说明突发事件的发生对我国农产品价格的影响相对较小。在极端条件下,价格指数仅在1—6月差别较大,之后基本一致,这是因为模型中6月之后被设定为粮食收获期,而模拟的价格指数也在7月骤然下降,这是供大于需的结果,也说明我国粮食的产量能够有效保证供给,且产量远大于需求。极端条件测试符合价格指数的发展规律,模型通过测试,模型合理可以使用。

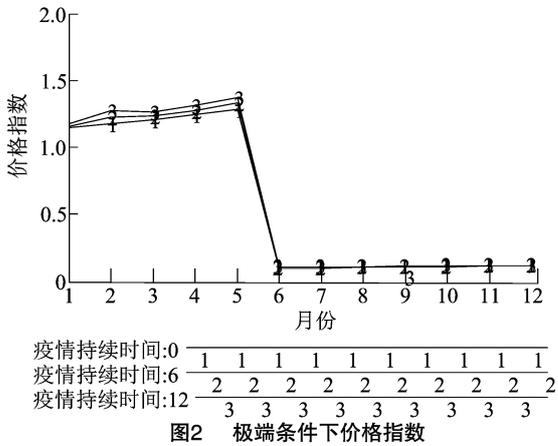


图2 极端条件下价格指数

### 3 仿真结果与分析

由图3可知,新冠肺炎疫情对我国的人口总量影响较小,这可能是由于我国面对本次疫情进行及时防治,减少人员流通,对已感染的患者进行隔离治疗、施行先看病后付费、国家财政支持等政策,有效控制了疫情的蔓延,最大程度减少了疫情的危害。但此次事件对我国社会经济、农产品市场等方面造成的负面影响会一直持续。在疫情持续期间,其影响强度会增加,而在之后会保持不变,说明疫情期间已产生的经济衰退等负面效应并不会随着疫情的结束而消失。

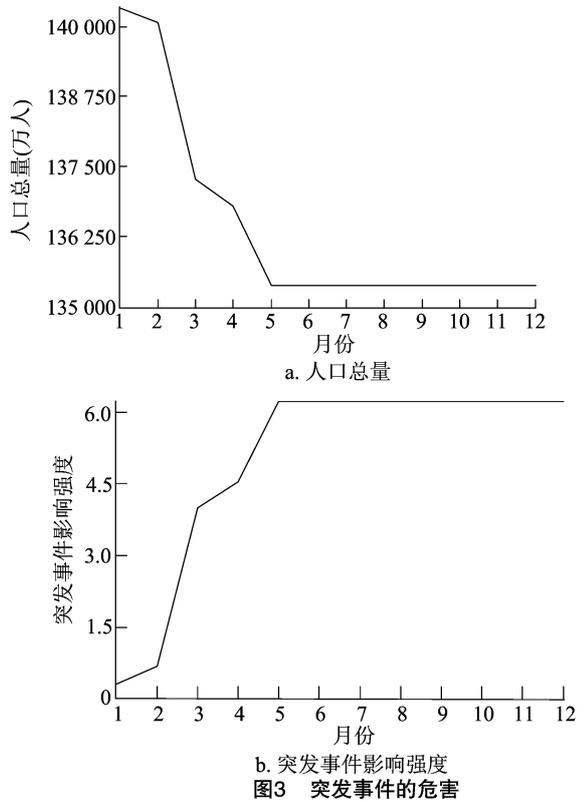


图3 突发事件的危害

由图4可知,居民心理恐慌程度呈现波动性变化,在突发事件下并不会保持恒定的增长或者下降,说明人们对突发事件的变化会随着事态的严重性发生改变。曲线从1月到2月增长较大,这是因为累计感染人数在此期间快速增长导致人们的恐慌心理程度增加;曲线在2—3月出现下降趋势,由图4可以看出累积确诊人数自2月之后增长幅度较小,且死亡人数出现下降,导致人们认为疫情已被控制,使得人们的信心增加,恐慌程度减小;3—5月,居民心理恐慌程度又出现上升趋势,因为已感染人群死亡率出现上升趋势,使得人们认为新冠肺炎致死率较高,对这种病产生畏惧心理,恐慌程度增加;在6月之后,新冠肺炎对人造成恐惧心理较小,这是因为累积感染人数增长较小、死亡人数不再出现以及死亡比例稳定导致的结果,这也说明国民对国家有信心度过这次疫情,以及我国面对突发状况时能够有效、迅速地作出应急反应。

由图5可知,价格指数在1—6、7—12月趋势均为上升,其中1—6月的上升趋势要比7—12月更陡峭。1—6月价格指数上升的原因是新冠肺炎疫情所导致的非正常增长现象;6—7月骤降是由于该时段为粮食收获期,粮食的骤然增多致使粮食价格发生骤降,且7—12月价格指数小于0.5,这也说明我

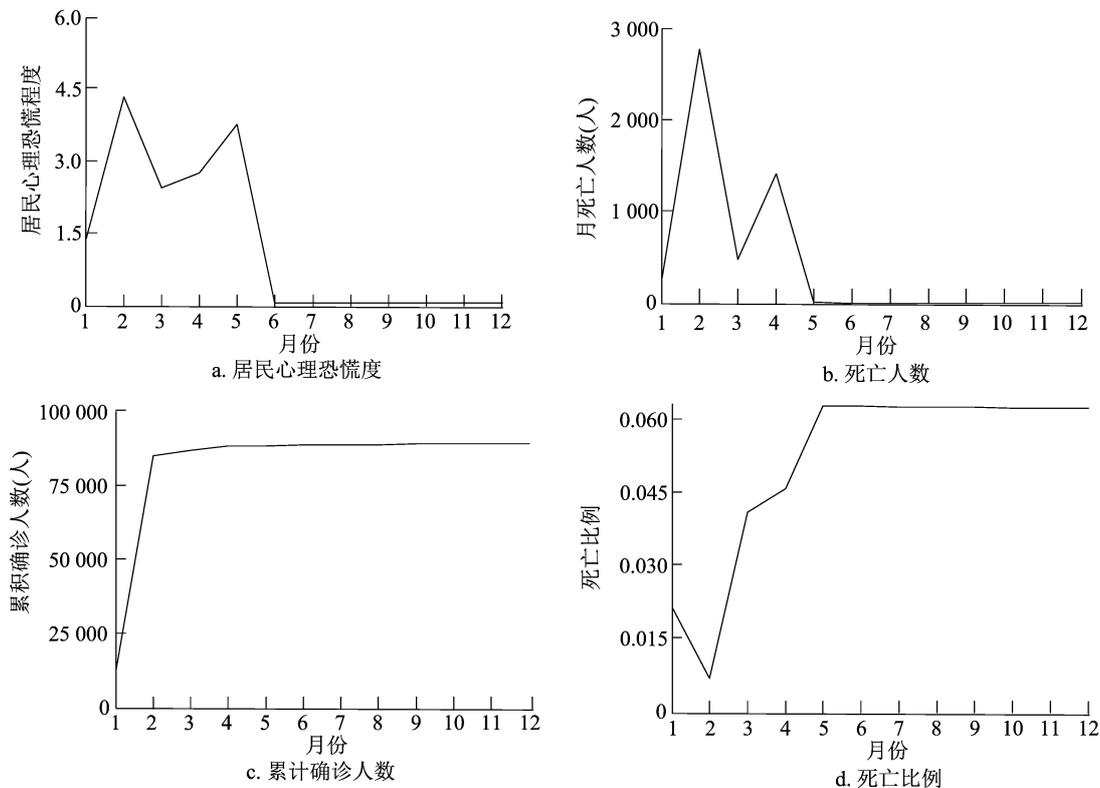


图4 居民恐慌影响因素

国的粮食产量远大于需求量,需要国家规定粮食最低收购价,保障农民的收益。粮食剩余量呈现直线下降的趋势,表明新冠肺炎疫情并不会影响我国的粮食供给,国家拥有充足的后备库存,而由居民恐慌造成的短时间内市场需求的增加也不会给我国粮食供给产生影响,只会使市场价格出现轻微的增加。图5-b显示,市场需求量在上半年出现波动性增长,在下半年则保持不变。表明在不考虑其他市场因素的情况下,突发事件会对需求产生影响,使得需求波动增加,随着人们情绪的平稳,需求会逐渐平稳。当突发事件发生时,需要政府部门安抚群众的情绪,以降低突发事件造成的社会危害。

#### 4 结论与建议

本研究将定性分析方法和定量方法相结合,借助系统动力学方法定量分析影响价格指数影响因素及相关因素之间的从属关系,建立价格指数流程图,使用回归模型确定变量之间的函数关系,采用残差和极端条件测试检验模型的可用性。在确定方程和模型正确的基础上分析相关变量的变化趋势,探究在突发事件发生时,影响农产品价格指数的主要因素。结果表明,我国的粮食储备能够满足

我国居民的需求,即使在突发事件发生的情况下仍能够有效保证供给。在突发事件期间造成的粮食需求增加量对我国的粮食储存量并不会产生巨大的影响。突发事件对居民产生影响的因素可能在以下几个方面:波及人数、死亡人数、死亡比例以及突发事件造成的经济衰退等。这些方面可以直接或间接影响人的心理状况,从而导致不可控的社会负面影响。通过对我国本次新冠肺炎疫情期间农产品的价格指数变化趋势进行分析,发现突发事件会对我国农产品价格产生一定的影响,这种影响源于人们对未来未知状况的误判导致的价格波动,但是这种负面影响对我国农产品价格影响有限。

结合上述分析和结论可知,面对突发事件的发生,稳定居民的恐慌心理有着举足轻重的作用。在不考虑突发事件造成的经济等方面的固定危害,保障居民的正常需求能够有效降低负面作用。根据马斯洛需求层次和行为经济学<sup>[19]</sup>中的易得行知觉推断可以从以下2个方面采取相应措施:第一,马斯洛需求层次理论将人的需求从基础需求到精神需求进行划分,认为只有在低一层的需求得到满足后,高一层的需求才会出现,其中低层且最基础的需求是人的生理需求。面对新冠肺炎传染速度快

弛的举措既能够引起人们对突发事件的重视,又能降低人们的恐慌情绪。

参考文献:

[1]陈振,徐瑶瑶,翟振杰,等. 基于SBM-DEA模型的河南省农业生产效率分析[J]. 河南农业大学学报,2019,53(4):647-652.

[2]许世卫,李哲敏,董晓霞,等. 中国农产品在产销间价格传导机制研究[J]. 资源科学,2010,32(11):2092-2099.

[3]付莲莲. 国内农产品价格波动影响因素的结构及动态演变机制[D]. 南昌:南昌大学,2014.

[4]潘群星,陈旭. 经济政策不确定性对我国农产品价格的影响研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(15):335-338.

[5]胡冰川. 新冠疫情防控常态化背景下重要农产品有效供给研究[J]. 价格理论与实践,2020(4):253-256.

[6]徐娟,章德宾,黄慧. 生鲜农产品供应链突发事件风险分析与应对策略研究[J]. 农村经济,2012(5):113-116.

[7]张利庠,张喜才. 外部冲击对我国农产品价格波动的、影响研究——基于农业产业链视角[J]. 管理世界,2011(1):71-81.

[8]梅盈洁,刘军,邱俊荣,等. 农业突发事件的分类及特征分析——以广东省为例[J]. 广东农业科学,2010,37(12):221-222,231.

[9]许世卫,李哲敏,李干琼,等. 农产品市场价格短期预测研究进展[J]. 中国农业科学,2011,44(17):3666-3675.

[10]杨思雨,田国强. 农产品批发价格指数与物流业景气指数的关系研究[J]. 中国农业大学学报,2020,25(4):162-171.

[11]丁存振,郑燕. 价格支持政策对农产品期货市场关联的影响研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2020(3):100-109.

[12]许增巍,苗珊珊. 生鲜农产品突发事件对猪肉价格波动影响研究[J]. 价格月刊,2018(9):13-19.

[13]王东杰,董晓霞,李哲敏. 2013年中国主要农产品价格变动特征及原因分析[J]. 价格月刊,2014(9):11-16.

[14]李旭. 社会系统动力学:政策研究的原理、方法和应用[M]. 上海:复旦大学出版社,2009.

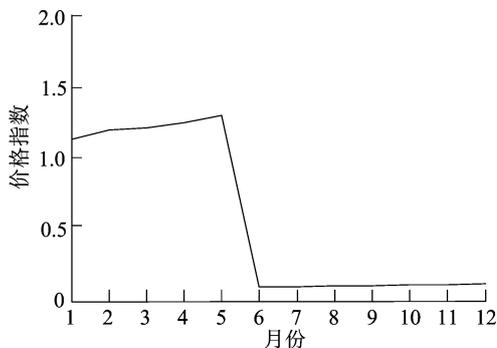
[15]Forrester J W. Sustainable development strategy of industry[M]. California:Scientific American,1989.

[16]王洪藩. 系统动力学[M]. 上海:上海财经大学出版社,2009.

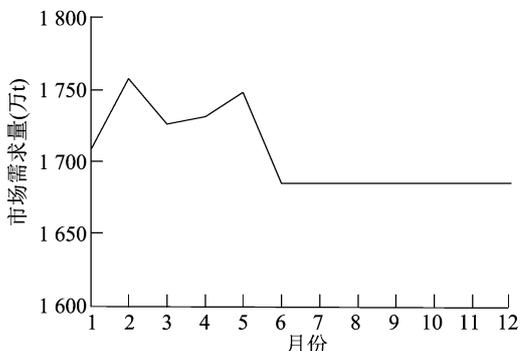
[17]薛薇. SPSS统计分析方法及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2009.

[18]汪希成,潘虹宇. 基于系统动力模型的四川省粮食生产与消费趋势情景仿真[J]. 四川师范大学学报(社会科学版),2017,44(3):70-79.

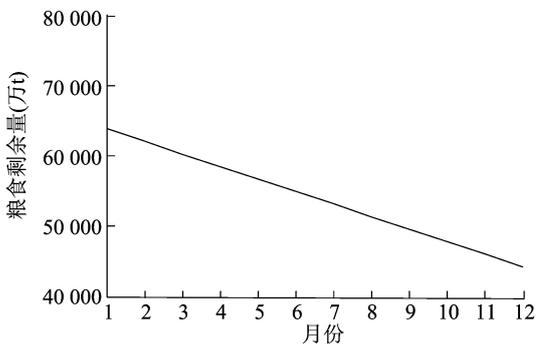
[19]盖瑞·贝斯基,汤玛斯·季洛维奇. 行为经济学[M]. 罗敏学,译. 台北:日月文化出版股份有限公司,2010.



a. 价格指数



b. 市场需求量



c. 粮食剩余量

图5 价格指数影响因素

的情况,虽然减少人员的流通能够有效减少感染人数,但是这也相对减少了粮食的流通。为保障居民的基础生活需求对特殊行业如食品行业,应适当放宽政策限制。第二,易得性感知是指根据人回想某件事的难度来判断概率的倾向。通过对突发事件波及人数和范围的宣传能够引起人们的重视程度。借助互联网,利用大众传媒宣传相关预防知识以及政府等其他公益性组织采取的快速行动能够有效降低人们的慌乱情绪,维持社会安定。通过一张一